

A Vekeri-tó múltja és jelene

Dolhai Zsolt

Biológia BSc

1.Évfolyam

Témavezető: Dr. Gyulai István

adjunktus

Hidrobiológiai Tanszék

Témavezető: Jakab Jázmin

PhD hallgató

Hidrobiológiai Tanszék

37. OTDK Biológia Szekció

Debreceni Egyetem, Természettudományi és Technológiai Kar

2024

Tartalomjegyzék

1. Bevezetés és célkitűzés	3
1.1. Bevezetés.....	3
1.2. Célkitűzés	5
2. Anyag és módszer.....	6
3. Eredmények	9
3.1. A szerves anyag és a kalcium-karbonát tartalom vizsgálata.....	9
3.2. A Cladocera vizsgálatok eredményei	10
3.2.1. Az üledékminták faj és egyedszám összetétele	10
3.2.2. A Cladocera közösség	12
4. Diskusszió	16
5. Köszönetnyilvánítás	18
6. Irodalomjegyzék.....	19

1. Bevezetés és célkitűzés

1.1. Bevezetés

A vízi ökoszisztémákat jelentős változások érintik, a természetes és az antropogén hatások zavart okoznak az édesvízi rendszerekben. Annak érdekében, hogy vizeink megfelelő állapotát fenntartsuk és megóvjuk a jövőbeli degradációtól, lényeges megérteni, hogy az előhelyeken bekövetkező változások hogyan hatnak az ott élő fajegyüttesekre. Az édesvizekkel foglalkozó tudományág a limnológia, mely az édesvizekkel, mint összetett fizikai, kémiai és biológiai tényezők kölcsönhatása által kialakult rendszerekkel foglalkozik (Padisák, 2005).

A limnológia egy tudományágazata, a paleolimnológia, célja az állóvizek üledékének tanulmányozása, mellyel a környezeti hatások rekonstruálhatóak, ezért alkalmas a múltban lejátszódott folyamatok elemzésére (Padisák, 2005). Az üledék archívumot őriz meg a szervezeti és környezeti változásokról, a paleolimnológia kutatások során az állóvizekből származó üledékminták analízisével az adott állóvizet és vízgyűjtő területét ért környezeti változások nyomon követhetők, ezen változások időbelisége és mértéke kimutatható (Burge et al., 2017). A múltban lejátszódott események vizsgálata kulcsfontosságú az ökoszisztémák dinamikájának tanulmányozása során, nem elég a jelenben zajló változások vizsgálata, szükséges a múlt eseményeinek, az üledék jellemzőinek, illetve ezen jellemzők változásainak a vizsgálata is. Az üledékben különféle „nyomok”, úgynevezett proxy-k találhatóak meg (Cohen, 2003). Az állóvizek üledékében tanulmányozhatók fizikai, kémiai és biológiai proxy-k is (Burge et al., 2017). A paleolimnológia segítségével az üledékekben megőrződött abiotikus (pl: radioaktív izotópok, ásványok) és biotikus proxy-k (pl: különböző fossziliák, pigmentek) elemzésére adódik lehetőség az ökoszisztéma változásának rekonstruálására érdekében (Last és Smol, 2001; Cohen, 2003). A proxy jelenléte vagy hiánya, abundanciája, morfológiája és állapota nagyon fontos paleokörnyezeti információkat szolgáltat, ebből adódóan az ökoszisztéma változás pontos rekonstrukciójának kidolgozása érdekében kulcsfontosságú a paleolimnológiai vizsgálatok végrehajtása (Burge et al., 2017).

A biológiai szervezetek több csoportja hagy valamilyen szubfosszilis maradványt az üledékben, hiszen az ülepedés során, illetve az üledékben bizonyos maradványok nem bomlanak le teljesen, hanem megmaradnak azon részeik, melyek alkalmasak azonosításukra (Padisák, 2005; Korosi et al., 2017). Számos szervezet szubfosszilis maradványa megtalálható és azonosítható az üledékben (Korhola és Rautio, 2001). Az üledékben megőrződött maradványok elemzésével a múltbeli ökoszisztéma változások és a biotikus reakciók rekonstruálása lehetővé válik (Birks és Birks, 2006).

Az ágascsápú rákok (Cladocera) a zooplankton közösségek egyik legfontosabb alkotói, az üledékben sok és viszonylag könnyen azonosítható maradványt hagynak, ezért a paleolimnológiai kutatásokban igen jelentős szerepük van (Korosi et al., 2017). A legtöbb faj kontinentális édesvizekben fordul elő, azonban több tengeri faj is ismert, illetve néhány Cladocera faj brakkvizekben is megtalálható. Az ágascsápú rákok az édesvizek faunájának fontos elemei, igazán jelentős az állóvízi táplálékhálózatban betöltött szerepük (Forró et al., 2008). Aktívan fogyasztják az algákat, a detrituszt és a különböző heterotróf szervezeteket, regenerálják a tápanyagokat az elsődleges termelők és baktériumok számára, valamint táplálékul szolgálnak a halaknak és más planktivor szervezeteknek (Edmondson, 1957; Nilssen, 1978; Black, 1993; Järvinen és Salonen, 1998).

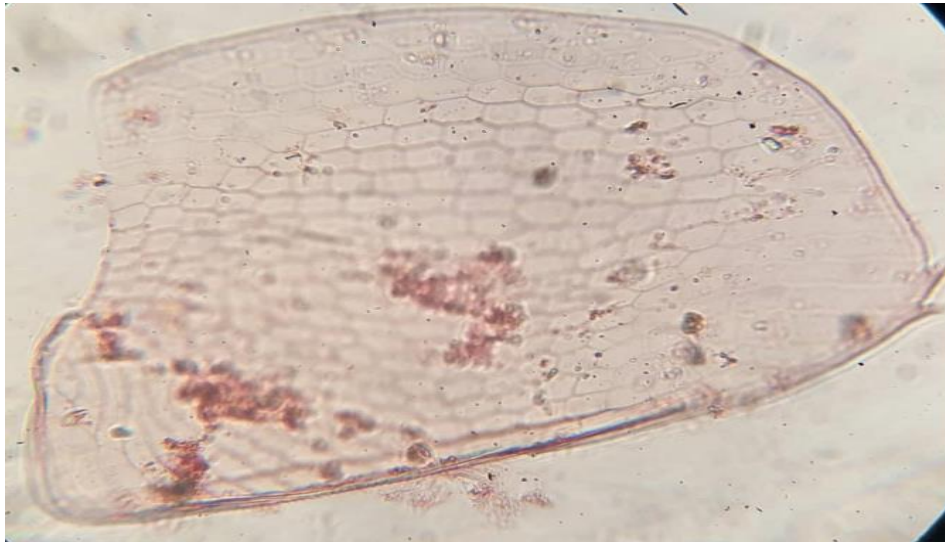
A cladocerák a környezetben végbemenő változásoknak érzékeny indikátorai, ebből adódóan igen jól alkalmazhatók a környezeti változások tanulmányozása során, például a számottevőbb vízszíntingadozás következtében az előhelyen bekövetkezett változások tanulmányozására jó indikátornak bizonyulnak (Kurek et al., 2010; Gyulai et al., 2018). Emellett a trofikus szerkezet tanulmányozására a szubfosszilis Cladocera maradványok alkalmasak (Korhola és Rautio, 2001; Korponai et al., 2010; Jeppesen et al., 2011; Korponai et al., 2011). Jelentős predációs nyomást gyakorolnak a zooplankton közösségekre a ragadozók, főképpen a halak, melyek jelenléte a zooplanktont alkotó fajok egyedszámának csökkenéséhez, illetve a kis méretű fajok gyakoribb megjelenéséhez vezet (Persson et al., 2004; Brucet et al., 2010).

A Cladocera egyedek pusztulásukat követően süllyedni kezdenek, és az üledék felszínén, vagy még a vízoszlopban bomlásnak indulnak a bakteriális aktivitásnak köszönhetően. A testük jelentős része hamar elbomlik, azonban az erősen kitinizált részeik hosszú időn keresztül megőrződnek az üledékben. Alapvetően három maradványtípust különböztetünk meg: duplahéj (carapax), fejpajzs, és utópotroh (postabdomen). Ez a három maradványtípus számos olyan bélyeget hordoz, amelyek lehetővé teszik a faj-szintű azonosítást.

Az ágascsápú rákok a Nemzeti Biodiverzitás Monitorozó Rendszerbe is bekerültek, mivel vizsgálatukkal az adott víztér állapotának a változásai nagyon jól tanulmányozhatóak (Forró, 1997). Az üledékben fellelhető Cladocera maradványok vizsgálata napjainkban a paleolimnológiai kutatások egyik alapkövét jelenti.

1.2. Célkitűzés

A kutatás célja, az üledékben fellelhető szubfosszilis Cladocera közösség változásainak nyomon követése volt a Vekeri-tó esetében. A Cladocera maradványok segítségével lehetőség adódik a tó múltbeli környezeti változásainak rekonstrukciójára. Arra is választ kaphatunk, hogy hogyan hat a Cladocera közösségekre a kiszáradás, illetve ezen vizsgálat segít megérteni a vízi ökoszisztémában végbemenő változásokat az idő előrehaladtával.



1. kép. *Graptoleberis testudinaria* dupla héj maradvány. Fotó: Jakab Jázmin.



2. kép. *Bosmina coregoni* dupla héj maradvány. Fotó: Jakab Jázmin.

2. Anyag és módszer

A mintavétel 2023. augusztus 21-én történt, a Vekeri-tóból vettünk üledékmintát. A Vekeri-tó Debrecentől 7-8 km-re helyezkedik el. A mintavétel gravitációs mintavevő eszköz segítségével valósult meg, mely során egy 10 cm hosszúságú üledékoszlopot gyűjtöttünk be. Az üledékoszlopot cm-ként felszeleteltük és úgy jelöltük, a 0-1 centiméteres szelet az üledékoszlop teteje és a 9-10 centiméteres szelet az üledékoszlop alja. A Vekeri-tavat 1974-ben hozták létre és 1976-ban adták át rekreációs használatra. Az első 20-30 évben a csónakázás és kishajós kirándulás dominált a tavon majd a horgászaté lett a főszerep. Nagyon fontos megemlítenünk, hogy ez az oszlop az elmúlt ötven év üledékképződése így minden egyes centiméter 5 évnél felel meg. Az üledékképződési ráta így mintegy 2mm / év, ami azért ilyen alacsony mivel a Vekeri-tó egy mesterséges síkvidéki tó (3.,4.,5. kép), így nincsen csak a mederben lezajló autochton üledékképződés, áradások nem töltik a tavat, a Kati-ér a táplálója, ahonnan egy hosszabb csatornán keresztül jut el a víz a tóba, ez a csatorna szűrőszerepet is betölt, lecsökkenti a bejutó anyagtartalmat.



3.kép. A kiszáradt Vekeri-tó.



4. kép. A teljesen feltöltődött Vekeri-tó.



5. kép. A Vekeri-tó a mintavétel során.

A vizsgálatunk során többek között az üledék szerves anyag és kalcium-karbonát tartalmának megállapítását hajtottuk végre, melyhez az úgynevezett izzítási veszteség (Loss on ignition, továbbiakban LOI%) módszertanát alkalmaztuk. A LOI% értékek meghatározása során az elporított üledékmintákat kemence segítségével igen magas hőfokon izzítottuk. A legtöbb szerves anyag 550 °C -on elég, míg a karbonát eléégéséhez 950 °C-hoz, vagy magasabb hőmérsékletre van szükség (Santisteban et al., 2004). Két izzítást hajtottunk végre, különböző hőmérsékleten, az első izzítást 550 °C-on, a másodikat 950°C-on. Az első és második izzítás során bekövetkezett anyagveszteségekből meghatároztuk az üledékminták szerves anyag és kalcium-karbonát



6.kép. Üledékminták izzítása a kemencében 950°C-on.

tartalmát. A szervesanyag-tartalomról és a karbonát tartalomról ezzel az eljárással megközelítő értékeket kaptunk, nem mutathatóak ki a pontos értékek (Dean, 1974); (Bengtsson és Enell, 1986).

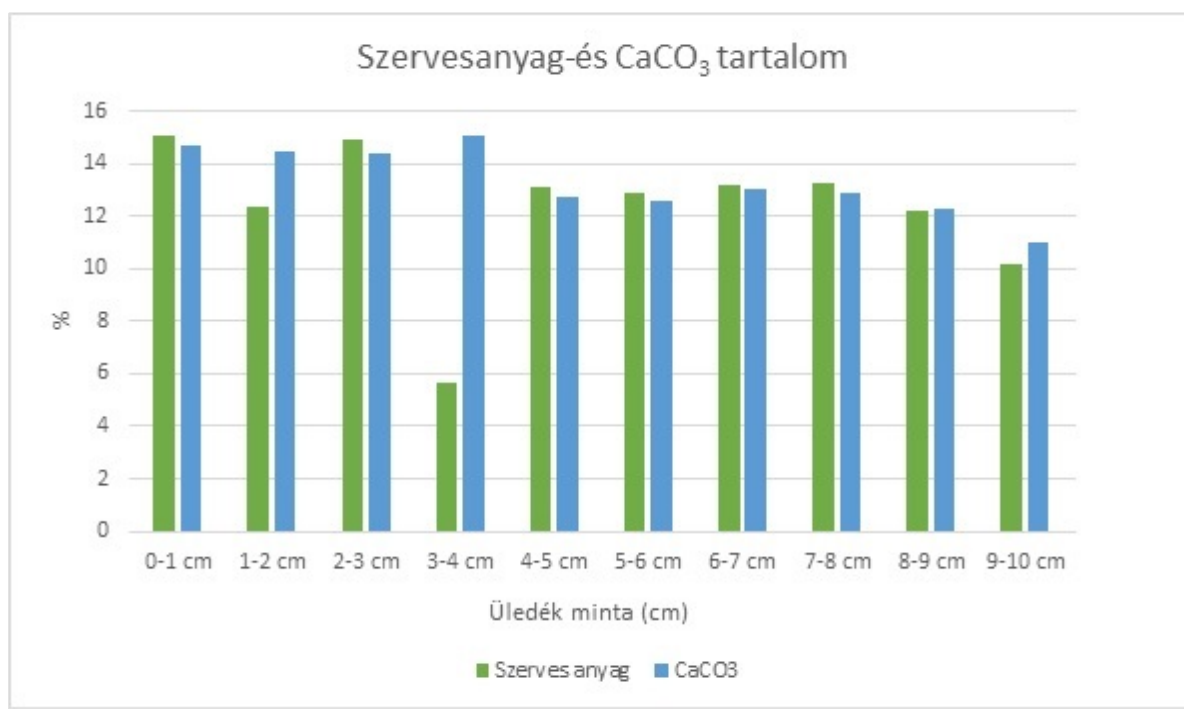
Kutatásom során az üledékben fellelhető szubfosszilis Cladocera maradványok vizsgálata történt. Az üledékminták feltárását Korhola és Rautio (2001) standard módszere alapján végeztük el. Minden szeletből kimértünk 1 cm³-t, majd főzőpoharakba helyeztük a mintákat, minden mintához hozzáadtunk 100 ml 10 %-os KOH (Kálium-hidroxid) oldatot, majd minimum fél órára vízfürdőbe helyeztük, időnkénti keverés mellett, 70 C°-on melegítettük az elegyeket. Az idő lejártá után kivettük a mintákat a vízfürdőből és minden mintát felengedtünk csapvízzel és 35 mikrométer lyukbőségű szűrőn leszűrtünk.

A szűrt mintákat 45 milliliteres centrifugacsövekbe helyeztük, 24 órára ülepedni hagytuk, majd ezt követően leszívtunk minden mintát egységesen 25 milliliterre. Az összes mintához a tartósítás végett 96 %-os Patosolv alkoholt adtunk, ezzel megakadályozva a mintában a különböző gombák és baktériumok elszaporodását, ezt követően pár csepp Safranin-glicerint festéket adtunk minden mintához a könnyebb határozás érdekében. A festést követően ismételtén vártunk 24 órát, az üledékben megtalálható Cladocera maradványok faj szintű határozása, Olympus BX 53 típusú fénymikroszkóppal, 10-100-as nagyítás alatt történt. Egy tárgylemezre 100 mikroliter mennyiségű mintát hordtunk fel, melyhez automata pipettát alkalmaztunk. Minden minta esetében 20 db tárgylemezt vizsgáltunk meg, viszont, ha a mintában az egyedszám elérte a 100-at, akkor a mintát befejezettnek tekintettük. Határozókönyvnek Szeroczyńska és Sarmaja-Korjonen (2007), illetve Gulyás és Forró (1999) könyvét használtuk.

A statisztikai kiértékelésekhez Past programot használtunk (Hammer et al., 2001) és End Member vizsgálatot végeztünk a Cladocera közösségek meghatározásához. Az End Member analízisek mára már nagyon elterjedtek, széleskörűen használhatóak a hidrológia, gomorfológia, kémiai vagy akár agrár kutatások területén (Christophersen és Hooper, 1992; Ali et al., 2010; Barthold et al., 2011; Somers et al., 2011). Az End Member analízishez R statisztikai programot használtunk.

3. Eredmények

3.1. A szerves anyag és a kalcium-karbonát tartalom vizsgálata



1. ábra. A Vekeri-tó furatának szerves anyag és kalcium-karbonát tartalma.

Eredményeink alapján elmondható, hogy a legmagasabb szerves anyag tartalom 0-1cm esetében tapasztalható, a legalacsonyabb 3-4cm esetében (1. ábra). Ezek az eredmények egyértelműen alátámasztják a kétezres évek elején történt hínárgyérítést mivel a tavat intenzív horgászásra kezdték el használni. A legmagasabb kalcium-karbonát tartalom 3-4 cm esetében figyelhető meg, a legalacsonyabb pedig a 10 cm-es réteg esetében, a rétegenkénti kalcium-karbonát tartalomban nem figyeltünk meg szignifikáns különbséget (1. ábra). Ezekre a vizsgálatokra azért van szükség, mert a magas karbonát tartalom gyengíti a kitinizáltságot, emiatt a maradványok rosszabbul őrződhetnek meg. A mi esetünkben egyértelműen igazolódott, hogy a karbonát tartalom nem befolyásolja Cladocera maradványok megőrződését az üledékben.

3.2. A Cladocera vizsgálatok eredményei

3.2.1. Az üledékminták faj és egyedszám összetétele

1. táblázat. Az üledékoszlopban azonosított fajok mintavételi rétegenként.

Faj név	0-1 cm	1-2 cm	2-3 cm	3-4 cm	4-5 cm	5-6 cm	6-7 cm	7-8 cm	8-9 cm	9-10 cm
<i>Acroperus harpae</i>	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Alona affinis</i>	-	-	-	-	+	-	-	-	+	-
<i>Alona costata</i>	-	-	-	-	+	-	-	+	-	-
<i>Alona excisa</i>	-	-	-	-	-	+	-	-	-	+
<i>Alona guttata</i>	+	+	-	+	-	+	+	+	+	+
<i>Alona intermedia</i>	+	+	-	+	+	-	+	-	-	+
<i>Alona quadrangularis</i>	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+
<i>Bosmina coregoni</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Bosmina longirostris</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Bosmina longispina</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Chydorus sphaericus</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Coronatella rectangula</i>	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-
<i>Disparalona rostrata</i>	-	-	-	-	-	-	+	+	+	-
<i>Graptoleberis testudinaria</i>	-	-	+	-	-	-	-	+	-	-
<i>Leydigia achantocheroides</i>	-	-	+	-	-	+	+	+	+	+
<i>Leydigia leydigii</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+
<i>Picripleuroxus laevis</i>	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Pleuroxus trigonellus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+

 Minden szeletben előforduló fajok.

 Csak az adott szelet esetében előforduló fajok.

A maradványok azonosítása során 18 fajt találtunk és a legnagyobb fajgazdagságot (11 faj) a tó feltöltése utáni években figyelhettük meg. A legnagyobb egyedszámokat (2085-2367 egyed/cm³) a tó turisztikai használata idején tapasztaltunk. Négy olyan fajt találtunk, amelyek mindegyik rétegben jelen voltak. a *Bosmina* fajok és egy közönségesnek mondható faj a *Chydorus sphaericus*. A *Chydorus sphaericus* egy olyan faj, mely jobban tolerálja stressz körülményeket, mint például a vízszintcsökkenést, eutrofizációt. Öt olyan fajt azonosítottunk, amelyek csak egy-egy rétegben fordultak elő, ezek: *Acroperus harpae*, *Coronatella rectangula*, *Leydigia leydigii*, *Picripleuroxus laevis* és a *Pleuroxus trigonellus* (1. táblázat).

Past program segítségével elvégeztük a mintavételi szeletek diverzitás vizsgálatát is. A 2. táblázatban jól láthatóak az intenzív horgászásnak a hatásai.

2. táblázat. A Vekeri-tó állapotváltozásai az egyedszámok és fajszámok tükrében.

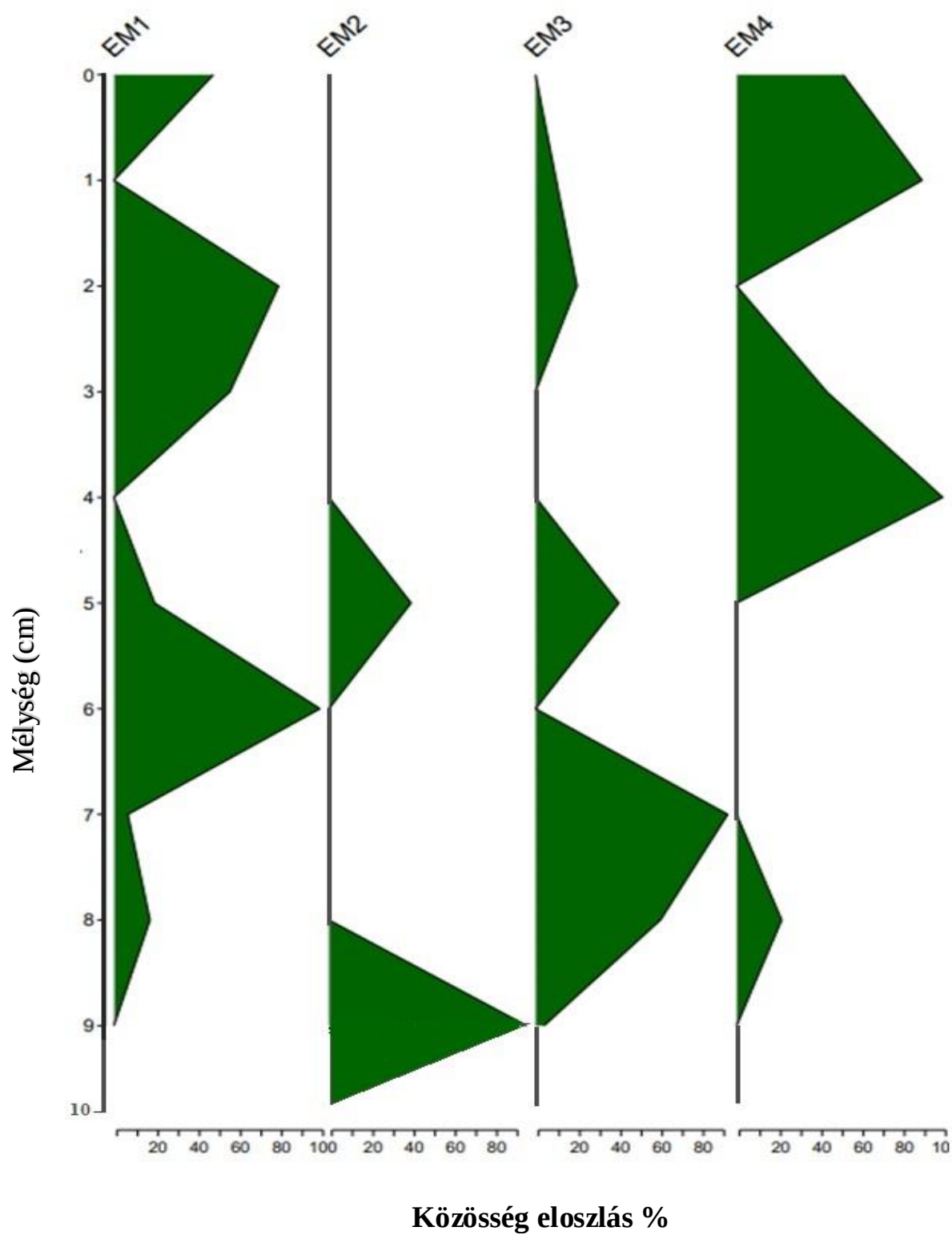
	0-1_cm	1-2_cm	2-3_cm	3-4_cm	4-5_cm	5-6_cm	6-7_cm	7-8_cm	8-9_cm	9-10_cm
Taxa_S	7	9	7	6	8	8	9	10	9	11
Individuals	1467	999	1110	952	2085	2343	2276	2367	2109	1092
Dominance_D	0,2912	0,2265	0,3473	0,2876	0,2454	0,2703	0,2961	0,2592	0,2453	0,2943
Simpson_1-D	0,7088	0,7735	0,6527	0,7124	0,7546	0,7297	0,7039	0,7408	0,7547	0,7057
Shannon_H	1,401	1,697	1,298	1,375	1,631	1,527	1,389	1,603	1,616	1,592
Chao-1	7	9	7	6	8	8	9	10	9	11

Az adatokból egyértelműen jól látszik, hogy a kialakítását követően a kezdeti évek egyedszáma megduplázódott, majd a halasítást követően (kétezres évek) ismét jelentősen lecsökkent. A jelenlét/hiány táblázattal (1. táblázat) összevetve az adatokat egyértelműen igazolódik a halasítás ténye. A nagyméretű fajok *Leydigia leydigii* és a *Leydigia achantocercoides* eltűntek a vízből. A *Leydigia achantocercoides* még a haltelepítést követően megjelent a víztérben, de ezt követően a faj teljes kifalásra került. Az intenzív horgászás megszűnésével (utolsó 10 év: 0-1 és -1-2 szeletek) a fajszaám ismét emelkedni kezdett és diverzitás is megnőtt. Az utolsó öt éves ciklusban a tó kiszáradt majd ismét feltöltődött ezáltal a teljes predációs nyomás megszűnt ezt jelzi az ismét növekvő egyedszám a mintában. Jól látható a 3. táblázatból, hogy az intenzív horgásztatás hatására egyes üledéklakó fajok (*Alona* sp.) is eltűntek vagy az egyedszámuk csökkent majd a horgásztatás megszűnése után ismét megjelentek a közösségben. A *Disparalona rostrata* szereti az alacsonyabb pH-jú és alacsony vezetőképességű vizeket az intenzív etetések hatására valószínűleg megváltozott a tó vízminősége és ez vezethetett a faj eltűnéséhez.

Faj név	0-1 cm	1-2 cm	2-3 cm	3-4 cm	4-5 cm	5-6 cm	6-7 cm	7-8 cm	8-9 cm	9-10 cm
<i>Bosmina longispina</i>	250	200	287	200	375	729	637	387	438	250
<i>Bosmina coregoni</i>	470	263	162	288	542	396	614	841	605	513
<i>Bosmina longirostris</i>	573	325	562	363	771	875	864	750	709	138
<i>Alona guttata</i>	14	25		13		73	23	114	105	38
<i>Alona intermedia</i>	14	37		13	63		23			13
<i>Alona quadrangularis</i>	29	37	25		83	125	23	69	84	38
<i>Chydorus sphaericus</i>	117	87	50	75	146	83	23	114	105	50
<i>Acroperus harpe</i>		12								
<i>Leydigia achantocercoides</i>			12			41	23	23	21	13
<i>Graptoleberis testudinaria</i>			12					23		
<i>Coronatella rectangula</i>					42					
<i>Alona affinis</i>					63				21	
<i>Alona excisa</i>						21				13
<i>Disparalona rostrata</i>							46	23	21	
<i>Picripleuroxus laevis</i>		13								
<i>Pleuroxus trigonellus</i>										13
<i>Leydigia leydigi</i>										13
<i>Alona costata</i>								23		

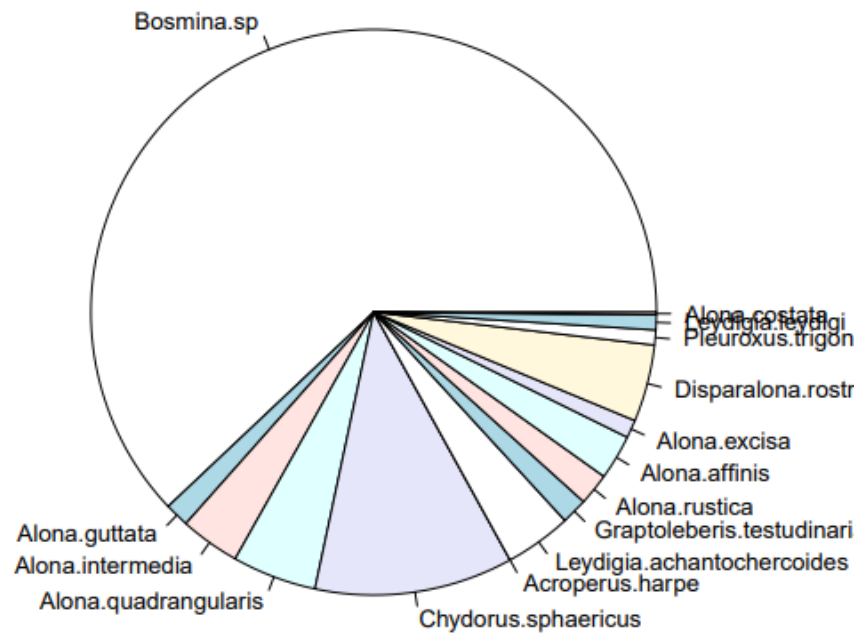
3. táblázat. Vekeri-tó fajkészlete és a fajok egyedszáma (ind/cm³).

3.2.2. A Cladocera közösség

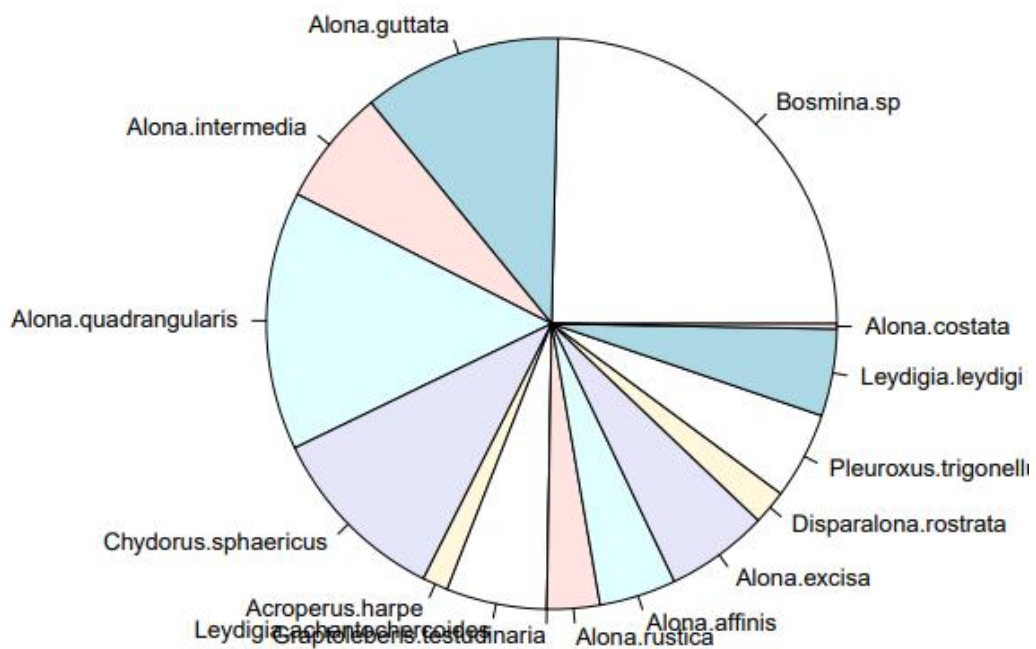


2. ábra. A Vekeri-tó stratigráfiai elemzése a Cladocera közösségek alapján.

EM1

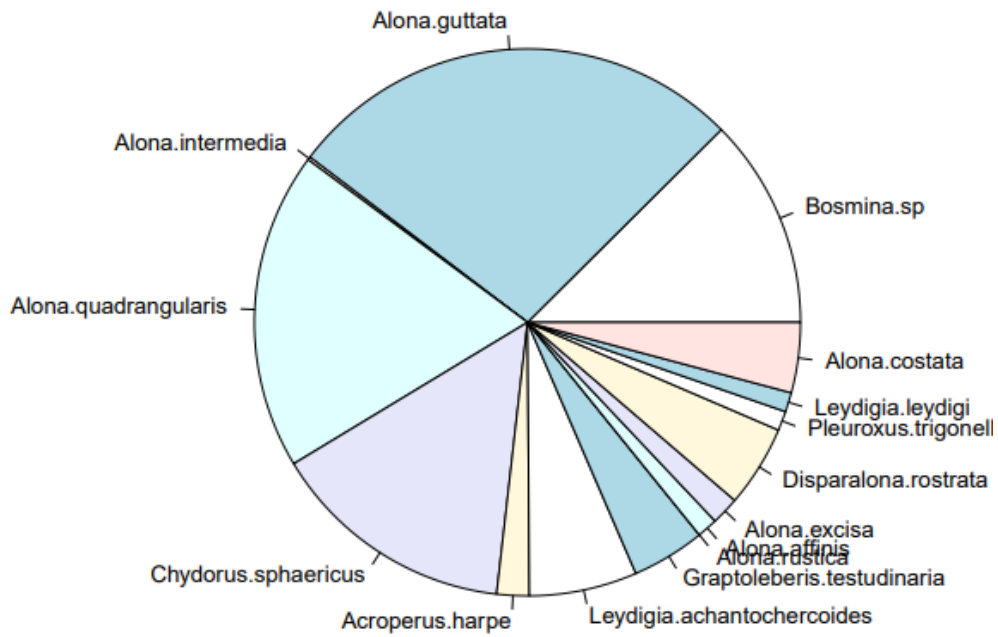


EM2

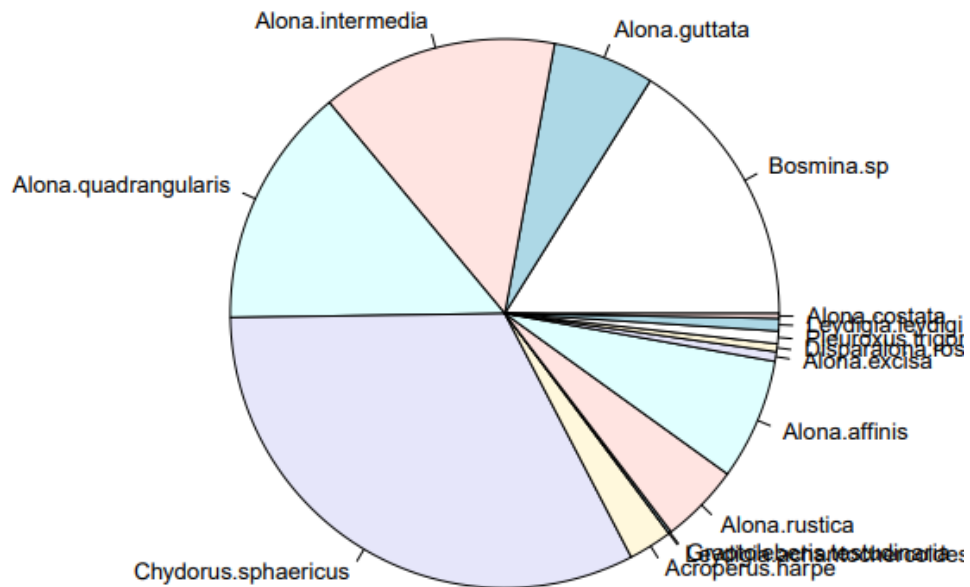


3. ábra. Az EM 1 és az EM 2 közösségek.

EM3

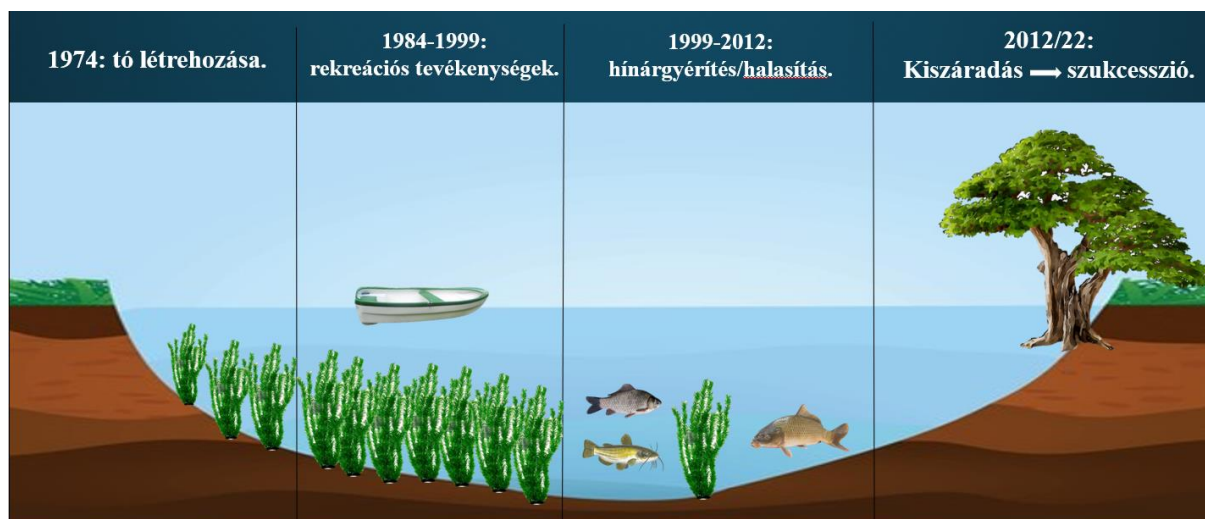


EM4



4. ábra. Az EM 3 és az EM 4 közösségek.

Elvégeztük a Cladocera közösségek End Member analízisét (a közösségek együttes ábrázolása a függelék 1. ábráján látható) mely során négy domináns közösséget kaptunk. Az eredmények alapján a Vekeri-tó állapotának változásait négy részre tudtuk bontani. A tó keletkezésekor (8-9 centiméteres réteg) az EM 2 közösség dominált majd ezt az EM3 közösség vette át 7-8 centiméter között (2. ábra). Ekkor a közösségekben az alábbi változások mentek végbe: a nyíltvízi fajok (*Bosmina* sp.) megjelenésüket követően elkezdnek visszaszorulni, nagyobb arányban jelennek meg üledéklakó (*Alona* sp.) és növényzethez köthető fajok *Acroperus harpae*. A *Disparalona rostrata*, ami a lágyabb tiszta vizeket kedveli is nagyobb egyedszámot mutat. Ebben az időszakban elkezdett a növényvilág kialakulni és kialakult a tavi üledék is, ekkor a tavat rekreációs célokra használták, kirándulóközpont volt és sétahajózni is lehetett a tavon. Ezt az időszakot követően a nyíltvízi kisméretű fajok domináltak, visszaszorultak az üledéklakó és növényzethez köthető fajok (EM 1 közösség), egyértelműen jelentős predációs nyomás nehezedett a zooplankton közösségre. Az intenzív horgászat jelentős terhelést adott a tónak, a horgásztatás visszaszorult, nagy számban jelentek meg a *Chydorus sphaericus* egyedei, ami egyértelműen jelzi, hogy rosszabb vízminőség alakult ki, ismét előtérbe kerülnek az üledéklakó fauna fajai és a visszaszorultak a nyíltvízi fajok (EM 4 közösség) (3. ábra, 4. ábra). A vízminőség javulásával ismét a horgászaté lett a fő szerep, egészen a tó kiszáradásáig. A kiszáradást követő feltöltődés után ismét az EM 1 és EM 4 közösségek domináltak. Az End Member elemzés eredményei alapján elkészítettük a tó állapotváltozásait bemutató tematikus ábránkat (5. ábra).



5. ábra. A Vekeri-tó történetének tematikus ábrája.

4. Diszkusszió

Napjaink egyik legfontosabb problémája környezetünk nem kellő intenzitású védelme. A vízi ökoszisztémák folyamatos változásokon mennek keresztül a természetes és az antropogén stresszorok hatása miatt. A természetes és az emberi tevékenység által generált hatások zavart okoznak az édesvízi rendszerekben. Rendkívül fontos vizeink védelme, jelentős megismerni, hogy az élőhelyeken végbemenő változások milyen hatást gyakorolnak az ott élő fajegyüttesekre. A paleolimnológia a múltban lejátszódott folyamatok elemzésére, az állóvizekből származó üledékminták analízisére alkalmas tudományág. A paleolimnológia segítségével az adott állóvizet és vízgyűjtő területét ért környezeti változások nyomon követhetők, ezen változások időbelisége és mértéke kimutatható (Burge et al., 2017)

Kutatásom során mintagyűjtéshez a Vekeri-tavat választottam. A mintavételi pontból üledékmintavételre került sor, melyből Cladocera maradványok azonosítását végeztem el. Minden centiméter esetében feljegyeztem az egyedszámokat, illetve fajszaámokat, továbbá rögzítettem az összesített fajszaámokat és egyedszámokat. Az előbb említett adatokból jelenléti táblázatot készítettem. A *Bosmina longispina*, *Bosmina coregoni*, *Bosmina longirostris* és a *Chydorus sphaericus* fajok minden cm-ben előfordultak. Meghatároztam a 10 cm hosszú, cm-ként felszeletelt üledékoszlop egyes cm-eiben mekkora a szerves anyag és a kalcium-karbonát tartalom. A vizsgálat kimutatta, hogy a legmagasabb szerves anyag tartalom 0-1cm a legalacsonyabb 3-4cm esetében volt tapasztalható. A kalcium-karbonát tartalom 0-1 cm-ben volt a legmagasabb, a legalacsonyabb pedig 9-10 cm esetében. A kalcium-karbonát tartalomban nem volt szignifikáns különbség. A 18 talált fajból a legtöbb a feltöltés utáni években jelent meg (11 faj). A diverzitás vizsgálat során jól megfigyelhetők, hogy a kialakítást követően az egyedszám megduplázódott majd a halasítást követően lecsökkent. A nagyméretű fajok a halasítást követően kifalásra kerültek, de a kiszáradás utáni feltöltődést követően újra elkezdett növekedni az egyedszám a predációs nyomás megszűnése után. Az End Member elemzés eredményei alapján elkészítettük a tó állapotváltozásait bemutató tematikus ábránkat. A tó élete 4 főbb egységre bontható. Az 1. 1974-től, a tó létrehozásától egészen 1984-ig amikortól a tavat rekreációs tevékenységekre használták, ezáltal visszaszorultak a nyíltvízi fajok, nagyobb egyedszámot mutattak az üledéklakó és növényzethez köthető fajok. 1999-ben megtörtént a halasítás és ezután a kisebb méretű nyílt vízi fajok lettek többségben. 2012-től a tó kiszáradását majd újbóli feltöltődését követően a stressztűrő *Chydorus sphaericus* valamint a nyíltvízi fajok lettek többségben.

Ezek az eredmények alátámasztják a tó ökológiai változékonyságát és a környezeti tényezők hatását a populációkra, fontos információval szolgálva a tó ökoszisztémájának megértése szempontjából. Debrecen környékén számos, a Vekeri-tóhoz hasonló jellegű tó található. Jövőbeli céljaim közé tartozik ezen tavak szélesebb körű vizsgálata, illetve mind a recens mind a szubfosszilis Cladocera közösség tanulmányozása az említett tavak esetében.

5. Köszönetnyilvánítás

Ezúton szeretném megragadni az alkalmat, hogy köszönetemet fejezzem ki mindazoknak, akik közvetlenül vagy közvetett módon hozzájárultak a TDK dolgozatom elkészüléséhez.

Legelső sorban szeretnék köszönetet mondani témavezetőimnek, Dr. Gyulai Istvánnak, és Jakab Jázminnak, akik szakmai tapasztalatukat átadva, szakmai támogatásukkal és tanácsaikkal segítették a dolgozatom elkészülését. Hálás vagyok az átadott szakmai tudásukért. Köszön a támogatását és iránymutatását Dr. Koncz Gábornak, aki a biológia szeretetét belém nevelte.

Köszönöm továbbá a Debreceni Egyetem TTK Hidrobiológiai Tanszékének a támogatását.

A kutatás a TKP2021-NKTA-32 számú projekt a Nemzeti Kutatási Fejlesztési és Innovációs Alapból biztosított támogatással, a TKP2021-NKTA pályázati program finanszírozásában jött létre. A dolgozatban bemutatott kutatás a Széchenyi Terv Plusz program keretében az RRF-2.3.1-21-2022- 00008 számú projekt támogatásával valósult meg.

6. Irodalomjegyzék

Ali, G. A., Roy, A. G., Turmel, M.-C., & Courchesne, F. (2010). Source-to-stream connectivity assessment through end-member mixing analysis. *Journal of Hydrology*, 392(3-4), 119–135. doi:10.1016/j.jhydrol.2010.07.049.

Barthold, F. K., Tyralla, C., Schneider, K., Vaché, K. B., Frede, H.-G., & Breuer, L. (2011). How many tracers do we need for end member mixing analysis (EMMA)? A sensitivity analysis. *Water Resources Research*, 47(8). doi:10.1029/2011wr010604.

Bengtsson, L., Enell M. (1986). Chemical analysis. In: Berglund B.E. (ed.), *Handbook of Holocene Palaeoecology and Palaeohydrology*. (pp. 423–451.) John Wiley & Sons Ltd, Chichester.

Birks, H. H., & Birks, H. J. B. (2006). Multi-proxy studies in palaeolimnology. *Vegetation History and Archaeobotany*, 15(4), 235–251. doi:10.1007/s00334-006-0066-6.

Black, A. R. (1993). Predator-induced phenotypic plasticity in *Daphnia pulex*: Life history and morphological responses to *Notonecta* and *Chaoborus*. *Limnology and Oceanography*, 38(5), 986–996. doi:10.4319/lo.1993.38.5.0986.

Brucet, S., Boix, D., Quintana, X. D., Jensen, E., Nathansen, L. W., Trochine, C., & Jeppesena, E. (2010). Factors influencing zooplankton size structure at contrasting temperatures in coastal shallow lakes: Implications for effects of climate change. *Limnology and Oceanography*, 55(4), 1697–1711. doi:10.4319/lo.2010.55.4.1697.

Burge, D. R. L., Edlund, M. B., & Frisch, D. (2017). Paleolimnology and resurrection ecology: The future of reconstructing the past. *Evolutionary Applications*, 11(1), 42–59. doi:10.1111/eva.12556.

Christophersen, N., & Hooper, R. P. (1992). Multivariate analysis of stream water chemical data: The use of principal components analysis for the end-member mixing problem. *Water Resources Research*, 28(1), 99–107. doi:10.1029/91wr02518.

Cohen, A. S. (2003). *Paleolimnology: The history and evolution of lake systems*, (500 pp.) Oxford University Press, Oxford.

Dean, W. E. (1974). Determination of Carbonate and Organic Matter in Calcareous Sediments and Sedimentary Rocks by Loss on Ignition: Comparison With Other Methods. *SEPM Journal of Sedimentary Research*, Vol. 44. doi:10.1306/74d729d2-2b21-11d7-8648000102c1865d.

Edmondson, W. T. (1957). Trophic relations of the zooplankton. *Trans. am. mic. Soc.* Vol. LXXVI, No.3.

Forró L. (szerk.) (1997): Nemzeti Biodiverzitás-monitorozó Rendszer V.Rákok, szitakötők és egyenesszárnyúak. Magyar Természettudományi Múzeum. Budapest.

Forró, L., Korovchinsky, N. M., Kotov, A. A., & Petrusek, A. (2008). Global diversity of cladocerans (Cladocera; Crustacea) in freshwater. *Hydrobiologia*, 595(1), 177–184. doi:10.1007/s10750-007-9013-5.

Gulyás, P., & Forró, L. (1991). Az ágascsapú rákok (Cladocera) kishatározója (2. bővített kiadás), Vízi Természet- és Környezetvédelem, 9. KGI, Budapest.

Gyulai, I., Lakatos, Cs., Kundrát, J., Balogh, Zs., Simon, E., & Tóthmérés, B. (2018). Cladocera remains and vegetation types to assess the state of oxbows. *Nature Conservation*. 29. 27-39. doi:10.3897/natureconservation.29.26221.

Hammer, Ø., Harper, D.A.T., & P. D. Ryan, 2001. PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. *Palaeontologia Electronica* 4(1): 9pp.

Järvinen, M., & Salonen, K. (1998). Influence of changing food web structure on nutrient limitation of phytoplankton in a highly humic lake. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 55(12), 2562–2571. doi:10.1139/f98-137.

Jeppesen, E., Nöges, P., Davidson, T. A., Haberman, J., Nöges, T., Blank, K., & Amsinck, S. L. (2011). Zooplankton as indicators in lakes: a scientific-based plea for including zooplankton in the ecological quality assessment of lakes according to the European Water Framework Directive (WFD). *Hydrobiologia*, 676(1), 279–297. doi:10.1007/s10750-011-0831-0.

Korhola, A., & Rautio, M. (2001). Cladocera and Other Branchiopod Crustaceans. *Developments in Paleoenvironmental Research*, 5–41. doi: 10.1007/0-306-47671-1_2.

Korosi, J. B., Thienpont, J. R., Smol, J. P., & Blais, J. M. (2017). Paleo-ecotoxicology: What Can Lake Sediments Tell Us about Ecosystem Responses to Environmental Pollutants? *Environmental Science & Technology*, 51(17), 9446–9457. doi:10.1021/acs.est.7b02375.

Korponai, J., Braun, M., Buczkó, K., Gyulai, I., Forró, L., Nédli, J., & Papp, I. (2010). Transition from shallow lake to a wetland: a multi-proxy case study in Zalavári Pond, Lake Balaton, Hungary. *Hydrobiologia*, 641(1), 225–244. doi:10.1007/s10750-009-0087-0.

Korponai, J., Varga, K. A., Lengré, T., Papp, I., Tóth, A., & Braun, M. (2011). Paleolimnological reconstruction of the trophic state in Lake Balaton (Hungary) using Cladocera remains. *Hydrobiologia*, 676(1), 237–248. doi:10.1007/s10750-011-0898-7.

Kurek, J., Korosi, J. B., Jeziorski, A., & Smol, J. P. (2010). Establishing reliable minimum count sizes for cladoceran subfossils sampled from lake sediments. *Journal of Paleolimnology*, 44(2), 603–612. doi:10.1007/s10933-010-9440-6.

Last, W. M., & Smol, J. P. (Eds.). (2001). Tracking environmental change using lake sediments: Vol. 1: Basin analysis, coring, and chronological techniques, (548 pp.) Netherlands: Springer, Dordrecht.

Nilssen, J. P. (1978). Selective vertebrate and invertebrate predation-some palaeolimnological implications. *Pol. Arch. Hydrobiol.* 25: 307-320.

Padisák, J. (2005.) *Általános Limnológia*, (pp. 261-273.) ELTE, Eötvös Kiadó, Budapest.

Persson, L., Byström, P., Wahlström, E., & Westman, E. (2004). Trophic dynamics in a whole lake experiment: size-structured interactions and recruitment variation. *Oikos*, 106(2), 263–274. doi:10.1111/j.0030-1299.2004.12767.x.

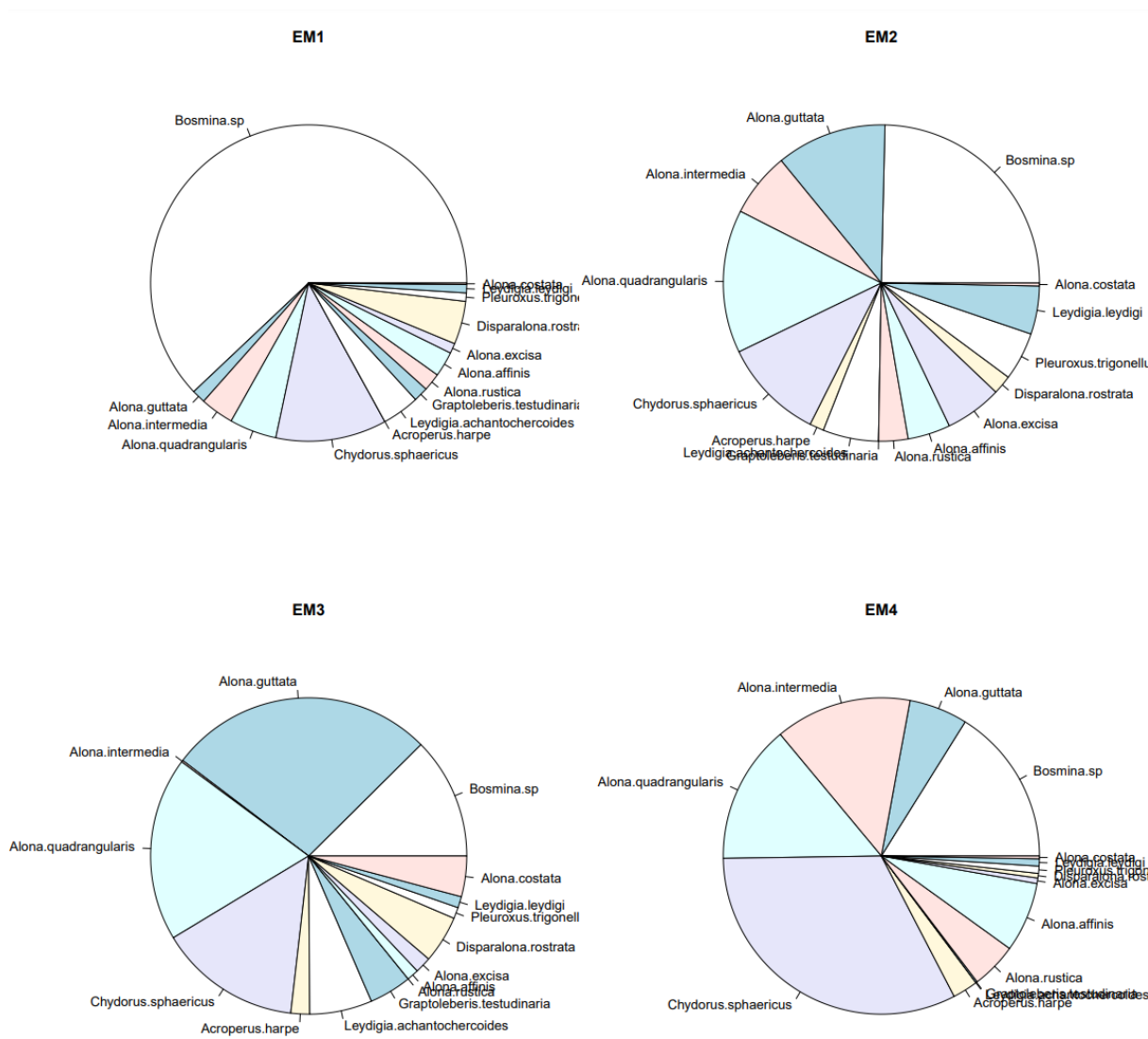
R Core Team (2013). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <http://www.R-project.org/>.

Santisteban, J. I., Mediavilla, R., López-Pamo, E., Dabrio, C. J., Blanca Ruiz Zapata, M., José Gil García, M., & Martínez-Alfaro, P. E. (2004). Loss on ignition: a qualitative or quantitative method for organic matter and carbonate mineral content in sediments? *Journal of Paleolimnology*, 32(3), 287–299. doi:10.1023/b:jopl.0000042999.30131.5b.

Somers, B., Asner, G. P., Tits, L., & Coppin, P. (2011). Endmember variability in Spectral Mixture Analysis: A review. *Remote Sensing of Environment*, 115(7), 1603–1616. doi:10.1016/j.rse.2011.03.003.

Szeroczyńska, K., & Sarmaja-Korjonen, K. (2007). Atlas of subfossil cladocera from Central and Northern Europe. Friends of the Lower Vistula Society. Świecie.

Függelék



F1. Az EM közösségek együttes ábrája.